

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001048568
PUBLICATION DATE : 20-02-01

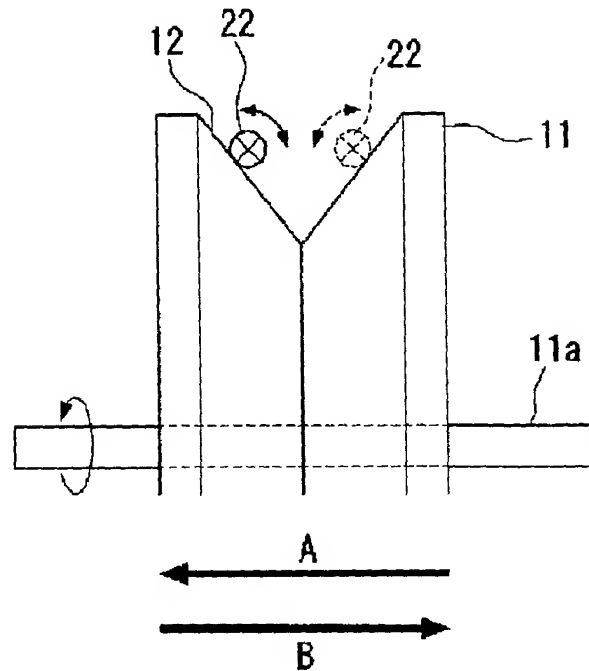
APPLICATION DATE : 30-07-99
APPLICATION NUMBER : 11218210

APPLICANT : FUJIKURA LTD;

INVENTOR : TAKAHASHI KOICHI;

INT.CL. : C03B 37/12 C03C 25/10 G02B 6/00
G02B 6/44

TITLE : METHOD AND APPARATUS FOR
PRODUCING OPTICAL FIBER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To simply produce a low transmission loss optical fiber having restrained polarization mode dispersion.

SOLUTION: An optical fiber preform is formed by melt spinning to obtain a bare wire for an optical fiber and then the bare wire is coated with a resin to form an optical fiber wire 22. Then twists are imparted to the wire 22 by reciprocating the roller in a direction along its rotating shaft 11a to make the wire 22 roll on the groove while moving the wire 22 on the groove of a rotating roller 11 having the V-shaped groove 12 or the U-shaped groove on a roller surface. Swaying motion may be conducted by using the rotating roller 11 having a flat groove on a roller surface and tilting the roller 11 in one direction in such a way that the rotating shaft 11a is at an arbitrary angle to its horizontal direction and then tilting the roller 11 in the opposite direction in such a way that the rotating shaft is at an arbitrary angle to its horizontal direction.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-48568
(P2001-48568A)

(43) 公開日 平成13年 2月20日 (2001. 2. 20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
C 0 3 B 37/12		C 0 3 B 37/12	A 2 H 0 5 0
C 0 3 C 25/10		G 0 2 B 6/00	3 5 6 A 4 G 0 6 0
G 0 2 B 6/00	3 5 6	6/44	3 0 1 B
6/44	3 0 1	C 0 3 C 25/02	Z

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-218210

(22) 出願日 平成11年 7月30日 (1999. 7. 30)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号

(72) 発明者 鶴崎 幸司

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内

(72) 発明者 原田 光一

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外 3 名)

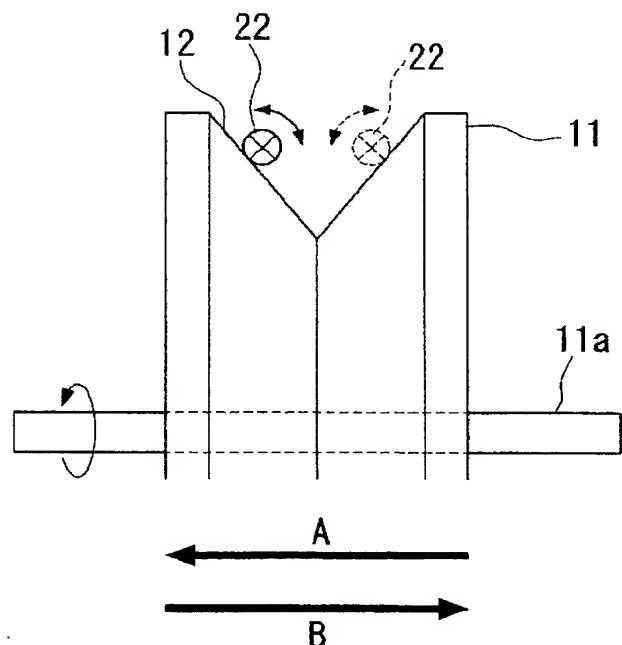
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法および製造装置

(57) 【要約】

【課題】 PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを簡便に製造する。

【解決手段】 光ファイバ母材を熔融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線 2 2 とし、引き続いてこの光ファイバ素線 2 2 を、V 字溝 1 2 または U 字溝をローラ面上に有する回転ローラ 1 1 の該溝上を進行させながら、回転ローラ 1 1 をその回転軸 1 1 a に沿う方向に往復運動させて、光ファイバ素線 2 2 を溝上で転動させて光ファイバ素線 2 2 にねじれを加える。回転ローラ 1 1 としてローラ面上に平溝を有するものを使用して、回転ローラ 1 1 をその回転軸 1 1 a が水平方向に対して任意の角度をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に任意の角度をなすように傾けて揺動運動をさせてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線とし、

引き続いてこの光ファイバ素線を、V字溝またはU字溝をローラ面上に有する回転ローラの該溝上を進行させながら、

回転ローラをその回転軸に沿う方向に往復運動させて、光ファイバ素線を溝上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加えることを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項2】 光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線とし、

引き続いてこの光ファイバ素線を、平溝をローラ面上に有する回転ローラの該溝上を進行させながら、

回転ローラをその回転軸が水平方向に対して任意の角度をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に任意の角度をなすように傾けて揺動運動をさせて、光ファイバ素線を溝上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加えることを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項3】 光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得る紡糸装置と、光ファイバ裸線に被覆を施し光ファイバ素線を得る被覆装置と、光ファイバ素線をローラ面上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加える回転ローラを有する光ファイバ製造装置であって、回転ローラが、ローラ面上にV字溝またはU字溝を有し、さらにこの回転ローラをその回転軸に沿う方向に往復運動させる駆動部を具備してなることを特徴とする光ファイバ製造装置。

【請求項4】 光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得る紡糸装置と、光ファイバ裸線に被覆を施し光ファイバ素線を得る被覆装置と、光ファイバ素線をローラ面上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加える回転ローラを有する光ファイバ製造装置であって、回転ローラが、ローラ面上に平溝を有し、さらにこの回転ローラを揺動運動させる駆動部を具備してなることを特徴とする光ファイバ製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光ファイバの製造方法および製造装置に関し、特に偏波モード分散（以下、PMDという）が抑制された低伝送損失な光ファイバを簡便に提供できるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】近年の光通信技術の進歩にともなって、用途に応じた多種多様な光ファイバが製造、利用されている。光ファイバは、気相軸付け法（VAD法）、外付け法（OVD法）、内付け法（CVD法、MCVD法、PCVD法）、ロッドインチューブ法等で得られた光ファイバ母材を溶融紡糸して製造されている。このような

従来の製造方法においては、真円状の断面を有する光ファイバを製造することは非常に困難であり、得られた光ファイバの断面形状はわずかに歪んだ円状や、楕円状であることがほとんどであった。しかし、このように光ファイバの断面が真円状でない場合、光ファイバを伝搬する2偏波の位相速度が異なり、PMDを増加させてしまうという問題があった。

【0003】そこで、光ファイバにねじれを加えて、PMDが抑制された光ファイバを得る方法が提案されている。例えば、特開平8-295528号公報、米国特許第5,822,487号等では、揺動運動をする揺動ガイドローラ上で光ファイバを転動させてねじれを与える方法が開示されている。また、特開平9-2834号公報では、特定の形状を有するローラ上で光ファイバを転動させてねじれを与える方法が開示されている。さらに特表平10-507438号公報では、2つのローラ曲面の間で光ファイバを転動させる方法が報告されている。その他、米国特許第4,473,273号では光ファイバ母材を回転させ、ねじれを与える方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平8-295528号公報や米国特許第5,822,487号に開示の方法は、高速での紡糸には不向きであり、また、紡糸張力が小さい場合にはねじれ量が小さくなってしまいうため、PMD抑制効果が少なくなってしまうという問題があった。また、特開平9-2834号公報に報告されている方法では、ねじれ量が少ないうえに、ローラの径やライン長に制限があった。さらに、特表平10-507438号公報に開示の方法では、2つのローラ曲面の光ファイバへの押し圧が変化することから、正確な紡糸張力を測定できないという問題があった。また、ねじれ量が光ファイバの長手方向で変化し、一定でないという問題もあった。さらに、米国特許第4,473,273号に開示の方法は、光ファイバ母材を回転させる方法であるため、外径変動や曲がり等を有する光ファイバ母材を使用した場合、光ファイバ外径制御性が低下したり、コーティング不良が発生する可能性があった。

【0005】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを簡便な方法で製造でき、さらにPMD抑制の程度も容易に調整できる光ファイバの製造方法および製造装置を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明にあっては、光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線とし、引き続いてこの光ファイバ素線を、V字溝またはU字溝をローラ面上に有する回転ローラの該溝上を進行させながら、回転ローラをその回転軸に沿う方

向に往復運動させて、光ファイバ素線を溝上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加えることを特徴とする光ファイバの製造方法によって解決できる。請求項2の発明にあっては、光ファイバ母材を熔融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線とし、引き続いてこの光ファイバ素線を、平溝をローラ面上に有する回転ローラの該溝上を進行させながら、回転ローラをその回転軸が水平方向に対して任意の角度をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に任意の角度をなすように傾けて揺動運動をさせて、光ファイバ素線を溝上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加えることを特徴とする光ファイバの製造方法によって解決できる。請求項3の発明にあっては、光ファイバ母材を熔融紡糸して光ファイバ裸線を得る紡糸装置と、光ファイバ裸線に被覆を施し光ファイバ素線を得る被覆装置と、光ファイバ素線をローラ面上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加える回転ローラを有する光ファイバ製造装置であって、回転ローラが、ローラ面上にV字溝またはU字溝を有し、さらにこの回転ローラをその回転軸に沿う方向に往復運動させる駆動部を具備してなることを特徴とする光ファイバ製造装置によって解決できる。請求項4の発明にあっては、光ファイバ母材を熔融紡糸して光ファイバ裸線を得る紡糸装置と、光ファイバ裸線に被覆を施し光ファイバ素線を得る被覆装置と、光ファイバ素線をローラ面上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加える回転ローラを有する光ファイバ製造装置であって、回転ローラが、ローラ面上に平溝を有し、さらにこの回転ローラを揺動運動させる駆動部を具備してなることを特徴とする光ファイバ製造装置によって解決できる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面を参照して詳しく説明する。図1は本発明の製造方法の一例を示す概略構成図である。まず、VAD法、OVD法、CVD法、MCVD法、PCVD法、ロッドインチューブ法等の公知の方法で得られた光ファイバ母材20を、紡糸炉1で加熱して熔融紡糸し、光ファイバ裸線21を得る。光ファイバ母材20を熔融紡糸する際の紡糸線速には特に制限はなく、100～1000m/min程度の広い範囲の紡糸線速で紡糸できる。ついで光ファイバ裸線21を冷却筒2で冷却した後、第1の樹脂被覆装置3に導く。第1の樹脂被覆装置3においては、1次被覆樹脂液がそのダイボットに供給されていて、光ファイバ裸線21上に1次被覆樹脂液が塗布される。1次被覆樹脂液は次の架橋筒4で紫外線照射、加熱等により硬化され、1次被覆層が形成される。1次被覆層が形成された光ファイバは、ついで第2の樹脂被覆装置5、架橋筒6へと順次導かれ、1次被覆層上に2次被覆層が形成された光ファイバ素線22となる。

【0008】得られた光ファイバ素線22は、ターンプ

ーリー7上を進行して方向を変えられ、引き取り機8、ダンサー9を順次通過後、巻き取り機10で巻き取られる。ターンプーリー7にはテンションピックアップが接続されていて、紡糸張力を測定できるようになっている。

【0009】ここでターンプーリー7として、図2および図3に示したような断面が略V字状であるV字溝12、または断面が略U字状であるU字溝13をローラ面上に有する回転ローラ11を使用する。回転ローラ11は回転軸11aを有し、回転軸11aを中心として回転できるようになっている。そして、図4および図5に示すように、この回転ローラ11の溝12、13の上に光ファイバ素線22を接触させ、この溝12、13上を進行させながら、回転ローラ11をその回転軸11aに沿う方向、すなわちA方向およびB方向に図示略の駆動装置によって往復運動させる。

【0010】このように回転ローラ11を往復運動させると、光ファイバ素線22は、V字溝12またはU字溝13上を進行方向に進行しながら、周方向に右回りおよび左回りのトルクを加えられて溝12、13の上を交互に転動する。その結果光ファイバ素線22には、その周方向に右回りおよび左回りのねじれが加えられる。ここで光ファイバ素線22に加えられたねじれは、紡糸炉1内で熔融紡糸されている光ファイバ裸線21にまでさかのぼって伝搬し、光ファイバ裸線21にねじれが加えられる。光ファイバ裸線21はねじれが加えられた状態で冷却筒2へと導かれ、冷却される。このようにして冷却筒2を通過した光ファイバ裸線21は、その周方向に、右回りおよび左回りのねじれを有するものとなり、ついで樹脂被覆装置3、5、架橋筒4、6を順次通過する。

【0011】回転ローラ11のV字溝12およびU字溝13の深さ D_1 、 D_2 や、幅 W_1 、 W_2 は特に制限はなく、光ファイバに要求されるPMDの程度に応じて適宜設定される。例えば光ファイバ裸線21の外径が125 μm 、コート径が250 μm の光ファイバ素線22を転動させる場合には、通常、V字溝12の深さ D_1 およびU字溝13の深さ D_2 は1～20mm、V字溝12の幅 W_1 およびU字溝13の幅 W_2 は5～40mmの範囲で設定される。また、回転ローラ11の直径 R_1 および R_2 は特に制限なく任意の大きさとしてすることができる。

【0012】さらに、ここでの往復運動は、単位時間あたり任意の回数で行うことができ、また、回転ローラ11のA方向、B方向への各移動幅も任意に設定することができる。これらの条件は、紡糸線速、紡糸張力、光ファイバに要求されるPMDの程度、光ファイバの種類等に応じて設定される。往復回数は通常50～500回/min、移動幅は通常2～30mmの範囲で設定される。なお、ここで往復回数は、回転ローラ11を一方向に動かして元の位置に戻し、ついで反対方向に動かして元の位置に戻す操作を1回と数える。

【0013】このようにV字溝12、U字溝13の大きさや、往復運動の条件を適宜設定することによって、光ファイバ素線22へ付与するねじれ量を調節することができるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御できる。また、回転ローラ11を往復運動させる簡単な操作でねじれを付与できるので、600～1000 m/min程度の高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。

【0014】また、ここでターンプリー7として、図6に示したような断面が凹状である平溝14をローラ面上に有する回転ローラ11を使用することもできる。そして、図7に示すように、この回転ローラ11の平溝14の上に光ファイバ素線22を接触させ、この平溝14上を進行させながら、図示略の駆動装置によって回転ローラ11をその回転軸11aが水平方向に対して任意の角度をなすように一方向に傾け(A方向)、ついで反対方向(B方向)に任意の角度をなすように傾けて、揺動運動させる。

【0015】このように回転ローラ11を揺動運動させると、光ファイバ素線22は、平溝14上を進行しながら右回りおよび左回りのトルクを加えられたり、平溝14の罅部14aに接触してトルクを加えられたりして交互に転動する。その結果光ファイバ素線22には、その周方向に右回りおよび左回りのねじれが加えられる。回転ローラ11上で光ファイバ素線22に加えられたねじれは、紡糸炉1内で溶融紡糸されている光ファイバ裸線21にまでさかのぼり伝搬し、ねじれが加えられた光ファイバ裸線21はそのままの状態での冷却筒2内で冷却され、ねじれを有する光ファイバ裸線21となる。

【0016】回転ローラ11の平溝14の深さ D_3 や、幅 W_3 は特に制限はなく、光ファイバに要求されるPMDの程度や、紡糸線速、紡糸張力等、製造する光ファイバの種類や製造条件に応じて適宜設定される。例えば、光ファイバ裸線21の外径が $125\mu\text{m}$ 、コート径が $250\mu\text{m}$ の光ファイバ素線22を転動させる場合には、通常、平溝14の深さ D_3 は1～20mm、平溝の幅 W_3 は1～40mmの範囲で設定される。ここで、平溝14の幅 W_3 を比較的小さな1～5mm程度とすると、主に平溝14の罅部14aに光ファイバ素線22が接触することによって、トルクが加えられる。一方、平溝14の幅 W_3 を比較的大きな20～40mm程度とすると、主に平溝14上で光ファイバ素線22が転動することによって、トルクが加えられる。なお、この場合も、回転ローラ11の直径 R_3 には特に制限はなく、任意の大きさとする事ができる。

【0017】さらに、ここでの揺動運動は、単位時間あたり任意の回数で行うことができ、揺動運動時の傾きの角度、すなわち回転ローラ11の回転軸11aが水平方向となす角度 θ_1 および θ_2 も任意に設定することができる。これらの条件は、紡糸線速、光ファイバに要求さ

れるPMDの程度、光ファイバの種類等に応じて設定され、揺動回数は通常50～500回/min、角度 θ_1 および θ_2 は1～45°の範囲で設定される。なお、ここで揺動回数は、回転ローラ11をその回転軸11aが水平方向に対して任意の角度をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に任意の角度をなすように傾ける操作を1回と数える。

【0018】このように平溝14の大きさや、揺動運動の条件を適宜設定することによって、光ファイバ素線22へ付与するねじれ量を調節することができるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御できる。また、回転ローラ11を揺動運動させる簡単な操作でねじれを付与できるので、600～1000 m/min程度の高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。

【0019】ターンプリー7として使用される回転ローラ11の材質には特に制限はないが、回転ローラ11のV字溝12、U字溝13、平溝14上で光ファイバ素線22が摺動することなく、スムーズに転動することが重要である。

【0020】このような光ファイバの製造方法は、V字溝12、U字溝13または平溝14を有する回転ローラ11を使用し、この回転ローラ11を往復運動または揺動運動させて光ファイバ素線22にトルクを加え、ねじれを与えることを特徴とするので、簡便な方法で光ファイバ素線22の周方向にねじれを与えることができ、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを容易に得ることができる。この際、回転ローラ11の直径や、V字溝12、U字溝13、平溝14の幅や深さ等を任意の大きさにでき、回転ローラ11を往復運動または揺動運動させる回数や速度、回転ローラ11の移動幅、揺動運動時の傾きの角度(θ_1 、 θ_2)等も任意に設定できるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができる。さらに、回転ローラ11を往復運動または揺動運動させる簡単な操作によるので、高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。また、紡糸張力に応じて、溝12、13、14の種類や大きさを任意に設定することによって、紡糸張力が小さい場合にも光ファイバ素線22に効率的にねじれを加えられる。また、光ファイバ素線22を回転ローラ11の溝12、13、14上で転動させる簡単な方法によるので、回転ローラ11をターンプリー7として使用して同時に紡糸張力を測定する場合においても、正しい紡糸張力を測定できるとともに、使用する光ファイバ母材20の形状や寸法も任意のものを使用できる。

【0021】また、このような特定の溝12、13、14を有する回転ローラ11が設けられ、回転ローラ11には回転ローラを往復運動または揺動運動させる駆動部を有する光ファイバ製造装置は、従来の紡糸機に回転口

ーラ11を取り付けることによって簡単に得られるため低コストであり、必要に応じて容易に回転ローラ11を取り付けたり、取り外したりできる。なお、以上の説明においては、回転ローラ11をターンプリー7として使用する場合について説明したが、上述のような特定の溝12、13、14を有する回転ローラ11を使用して、光ファイバ素線22にねじれを与える限りにおいては、ターンプリー7としての使用に限定されず、ターンプリー7とは別に回転ローラ11を設けてもよい。

【0022】

【実施例】以下、本発明を実施例をあげて具体的に説明する。

実施例1

波長多重伝送用光ファイバ母材（ITU-T G655準拠、以下WDM母材という）を、図1に示す方法で溶融紡糸、被覆を行い、光ファイバ裸線外径 $125\mu\text{m}$ 、コート径 $250\mu\text{m}$ の光ファイバ素線22を製造した。被覆材としては、1次被覆層、2次被覆層ともにウレタン-アクリレート系紫外線硬化型樹脂を使用した。紡糸線速は $300\text{m}/\text{min}$ とした。ターンプリー7としては、図2に示すようなローラ面にV字溝12を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用し、光ファイバ素線22にねじれを加えた。なおV字溝12は深さ $D_1 = 3\text{mm}$ 、幅 $W_1 = 6\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_1 = 150\text{mm}$ であった。また、往復回数は $300\text{回}/\text{min}$ 、回転ローラ11の一方向への移動幅は 4mm とした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を、固定アナライザー法で行った。測定は試料長 10km のものについて10本測定した。その結果を図8に示す。

【0023】実施例2

ターンプリー7として、図3に示すようなローラ面にU字溝13を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用した以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。なおU字溝13は深さ $D_2 = 10\text{mm}$ 、幅 $W_2 = 6\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_2 = 150\text{mm}$ であった。また、往復回数は $300\text{回}/\text{min}$ 、回転ローラ11の一方向への移動幅は 4mm とした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図8に示す。

【0024】実施例3

ターンプリー7として、図6に示すようなローラ面に平溝14を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用し、回転ローラ11を、その回転軸11aが水平方向に対して角度 θ_1 をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に角度 θ_2 をなすように傾けて、光ファイバ素線22にねじれを加えた以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。この際、光ファイバ素線22は平溝14上を転動したが、鋸部14aには接触しなかった。なお、平溝14は深さ D_3

$= 10\text{mm}$ 、幅 $W_3 = 20\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_3 = 150\text{mm}$ であった。また、揺動回数は $300\text{回}/\text{min}$ 、傾きの角度 θ_1 、 θ_2 はどちらも 15° とした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図8に示す。

【0025】実施例4

ターンプリー7として、図6に示すようなローラ面に平溝14を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用し、回転ローラ11を、その回転軸11aが水平方向に対して角度 θ_1 をなすように一方向に傾け、ついで反対方向に角度 θ_2 をなすように傾けて、光ファイバ素線22にねじれを加えた以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。この際、光ファイバ素線22は平溝14上を転動し、さらに鋸部14aにも接触した。なお、平溝14は深さ $D_3 = 10\text{mm}$ 、幅 $W_3 = 2\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_3 = 150\text{mm}$ であった。また、揺動回数は $300\text{回}/\text{min}$ 、傾きの角度 θ_1 、 θ_2 はどちらも 5° とした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図8に示す。

【0026】比較例1

ターンプリー7として、図6に示すようなローラ面に平溝14を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用し、回転ローラ11を揺動運動させず、光ファイバ素線22にねじれを加えないようにした以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。なお、平溝は深さ $D_3 = 5\text{mm}$ 、幅 $W_3 = 8\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_3 = 150\text{mm}$ であった。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図8に示す。

【0027】実施例5

光ファイバ母材20として分散補償光ファイバ母材（以下DCF母材という）を使用し、往復回数を $200\text{回}/\text{min}$ とした以外は実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図9に示す。

【0028】実施例6

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用し、往復回数を $200\text{回}/\text{min}$ とした以外は実施例2と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図9に示す。

【0029】実施例7

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用し、揺動回数を $200\text{回}/\text{min}$ とした以外は実施例3と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図9に示す。

【0030】実施例8

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用し、揺動回数を200回/minとした以外は実施例4と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図9に示す。

【0031】比較例2

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用し、揺動回数を200回/minとした以外は比較例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図9に示す。

【0032】図8および図9のグラフに示したように、V字溝12、U字溝13または平溝14を有する特定の回転ローラ11を使用してねじれを加えた本実施例の光ファイバ素線22では、PMDが抑制されていた。一方、ねじれが加えられなかった比較例の光ファイバ素線22では、PMDが抑制されていなかった。

【0033】実施例9

紡糸線速を100~1000m/minの範囲で変化した以外は実施例3と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。それぞれの紡糸線速で得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図10に示す。

【0034】実施例10

往復回数を50~500回/minの範囲で変化した以外は実施例2と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。それぞれの往復回数で得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図11に示す。

【0035】図10のグラフに示したように、平溝14を有する特定の回転ローラ11を使用してねじれを加える本実施例の光ファイバ素線22の製造方法によれば、紡糸線速を100~1000m/minの範囲で変化したとしても、PMDが抑制された低伝送損失な光ファイバを容易に得ることができた。また、U字溝12を有する特定の回転ローラ11を使用して、回転ローラ11の往復回数を変化させることによって、図11のグラフに示したようにPMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができた。このように、本実施例の光ファイバ素線22の製造方法は、幅広い紡糸線速に対応でき、かつ任意にPMDの抑制の程度を制御できた。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光ファイバの製造方法は、V字溝、U字溝または平溝を有する回転ローラを使用し、この回転ローラを往復運動または揺動運動させて光ファイバ素線にねじれを与えることを特徴とするので、簡便な方法で光ファイバ素線の周方向にねじれを与えることができ、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを容易に得ることができる。この際、

回転ローラの直径や、V字溝、U字溝、平溝の大きさ等を任意の大きさにでき、回転ローラを往復運動または揺動運動させる回数や速度、回転ローラの移動幅、揺動運動時の傾きの角度(θ_1 、 θ_2)も任意に設定できるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができる。さらに、回転ローラを往復運動または揺動運動させる簡単な操作によるので、高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。また、紡糸張力に応じて、溝の種類や大きさを任意に設定することによって、紡糸張力が小さい場合にも光ファイバ素線に効率的にねじれを加えられる。また、光ファイバ素線を回転ローラの溝上で転動させる簡単な方法および装置によるので、回転ローラをターンプリーとして使用して同時に紡糸張力を測定する場合においても、正しい紡糸張力を測定することができるとともに、使用する光ファイバ母材の形状や寸法も任意のものを使用できる。また、このような特定の溝を有する回転ローラが設けられ、回転ローラには回転ローラを往復運動または揺動運動させる駆動部を有する本発明の光ファイバ製造装置は、従来の紡糸機に回転ローラを取り付けることによって簡単に得られるため低コストであり、必要に応じて容易に回転ローラを取り付けたり、取り外したりできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光ファイバの製造方法の一例を示す概略構成図である。

【図2】 回転ローラの一形態を示す側面図である。

【図3】 回転ローラの他の一形態を示す側面図である。

【図4】 図2の回転ローラの往復運動を示す側面図である。

【図5】 図3の回転ローラの往復運動を示す側面図である。

【図6】 回転ローラのさらに他の一形態を示す側面図である。

【図7】 図6の回転ローラの揺動運動を示す側面図である。

【図8】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【図9】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【図10】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【図11】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【符号の説明】

11…回転ローラ、11a…回転軸、12…V字溝、13…U字溝、14…平溝、20…光ファイバ母材、21…光ファイバ裸線、22…光ファイバ素線